



PATENTNI SPIS BR. 8545

Fränkl Mathias, nadinženjer, Augsburg, Nemačka.

Postupak za rastavljanje plinovitih mješavina pod niskim tlakom sa djelomičnim prevađanjem u tekuće stanje.

Prijava od 16 aprila 1930.

Važi od 1 aprila 1931.

Rastavljanje plinovitih mješavina sa niskim vrelištem, na pr. zraka, u njihove glavne sastavine, bilo je do sada skupčano sa poteškoćama uslijed toga, 1. da su se u zraku nalazeće se vodene pare i pare ugljične kiseline u cijevima protustrujanja za zamjenu hladnoće izlučile zaleđenjem i time prouzročile zatrpavanje uređaja tako, da se je za dosadašnje poznate postupke upotrebljeni aparat u kraćem ili duljem vremenu rada morao redovito ugrijati, pa i u tom slučaju, ako se je plinovita mješavina predhodno podvrgla nekom kemičkom ili termičkom predpostupku.

Nadalje 2. rad po postojećem postupku nije bio osobito ekonomičan uslijed toga, što se je u svrhu nadoknađenja izgubljene hladnoće najmanje jedan dio zraka, određenog za rastavljanje, morao zgusnuti nekim višim tlakom, nego li je bio potreban za rastavljanje samo.

3. Nastupi gubitak na radu uslijed poznate okolnosti, da se od pod 3—4 at nadtlaka u tekuće stanje prevedenog zraka za ispiranje jedan znatni dio (do 20%) opet upari, ako se tekućina stavi pod niži tlak gornjeg rektifikatora za naknadno rastavljanje.

4. Svi poznati postupci osim Lachmanovog (D. R. P. 167.931) osnovani su na totalnom prevođenju za rastavljanje određene plinovite mješavine u tekućinu, što zahtjeva, kako je poznato, veću radnu snagu, nego li dijelomično prevađanje u tekućinu. Lach-

manov postupak ima opet tu manu, da je izlučenje vlage i ugljične kiseline iz plinovite mješavine, koja se rastavlja, vrlo otežčano, jer je zato potrebno, da se neki veći dio mješavine rastavi bez nadtlaka.

Prikupljanje mraza u zamjenjačima hladnoće treba da se spriječi samo kod postupka zamjeničnim prestavljanjem u nabiračima hladnoće, kod kojeg se opet preuzme mraz uslijed sublimacije od odpuštenih rastavnih produkata. Upotreba ovog sistema zamjene hladnoće sa sublimacionim učinkom vrši samo u tom slučaju osobili ekonomički rad, ako se plinovita mješavina ne mora znatno više od 4 at. nadtlaka zgusnuti, inače se osjeća odviše gubitak energije oko zgusćavanja, jer kod svakog prestavljanja, koje treba da se vrši po prilici sveke 3 minute, izgubi zaliha stisnutog zraka iz nabirača hladnoće te je treba, ponovno nadoknaditi.

Predmet pronalaska je prema tome neki postupak sa niskim tlakom, dijelomičnim prevodom u tekućinu i totalnim sgušćivanjem ali bez nadzgušćivanja plinovite mješavine (preko za rastavljanje potrebnog kondenzatorskog tlaka) u vezi sa postupkom predstavljljive zamjene u nabiračima hladnoće u svrhu prenosa sadržaja na vlazi i ugljičnoj kiselini na rastavne produkte i u vezi sa radom jednog ekspanzionog stroja pomoću postojećeg viška na plinu niskog tlaka pri čemu se također izbjegne gubitak tekućine za ispiranje uslijed isparenja za

vrijeme spuštanja kondenzacionog tlaka na nižji tlak gornjeg rektifikatora za naknadno rastavljanje.

Čini se, da ovdje stoji djelomično prevađanje u tekuće stanje u protuslovju sa totalnim sgušćenjem, jer bi morao biti uvjet za djelomično prevađanje u tekuće stanje također neko djelomično sgušćenje ali proti tome stoji, da je za odstranjenje mraza, koji se stvara iz pare i ugljične kiseline plinovite mješavine pomoću sublimacije neophodno potrebno totalno sgušćenje.

Prema tome bi ovdje išlo izlučenje mraza na trošak povišane potrošnje snage za totalno zgušćenje na kondenzatorski tlak.

Taj prividni gubitak izbjegne se ovdje time, da se izume od odviše sgušćene količine plinovite mješavine niskog tlaka, nakon prethodnog rastavljenja sa djelomičnim prevađanjem u tekućinu, od produkta lakog vrenja (kod zraka dakle dušik) toliko opet izlučioca sa nadtlakom u netekućem stanju i ekspanduje uz vršenje rada u nekom ekspansionom stroju (u svrhu nadoknađenja gubitka hladnoće), u koliko ta količina mješavine nije potrebna za stvaranje tekućine potrebne za ispiranje.

Višak sgušćene plinovite mješavine služi dakle ovdje kao pogonski zrak za ekspansioni stroj, u kojem se nakon predhodnog predstavljenja ekspandira kao rastavni produkt lakog vrenja, vršeći rad i stvarajući hladnoću u svrhu, da bi služio kao ispuh za naknadno hlađenje tekućine za pranje, prije nego li se potonja ekspandira i prelazi u gornji rektifikator.

Taj postupak sa niskim tlakom može se izvesti također tako, da se višak zgušćene plinovite mješavine bez prethodnog rastavljenja ekspanduje u ekspansionom stroju i tek kao ispust u gornjem rektifikatoru rastavi, to jest naknadnim rastavljanjem, te se zatim vodi također u obliku rastavnog produkta lakog vrenja kroz hladilac zraka za ispiranje.

Ove četiri faze: Totalno sgušćenje pod niskim tlakom u svrhu, da se izbjegne stvaranje mraza uslijed sublimacije kod zamjeničkog postupka sa prestavljanjem u nabiraču hladnoće; djelomično prevađanje u tekuće stanje u svrhu umanjenja utroška na snazi; ekspanzija viška sgušćene plinovite mješavine u jednom ekspansionom stroju, napokon naknadno hlađenje tekućine za ispiranje pomoću ispuha jednog ekspansionog stroja u svrhu sprečenja ponovnog uparenja viška tekućine (za vrijeme ekspanzije od kondenznog tlaka na tlak gornjeg rektifikatora) u cilju, da bi se s tim viškom mogao nadoknaditi gubitak hladnoće, stoje u najtjesnijoj međusobnoj vezi,

jer se može samo pomoću totalnog sgušćenja i pretstavljivim zamjeničnim postupkom u nabiračima hladnoće izbjeći stvaranje mraza bez kakvog drugog predpreuđavanja, s druge opet strane moguće je, da se samo pomoću djelomičnog prevađanja u tekuće stanje znatno snizi potreba na snazi, a to je samo moguće pomoću izdašnog naknadnog hlađenje tekućine za ispiranje, jer za vrijeme ekspanzije na tlak gornjeg rektifikatora ponovno upareni dio tekućine za ispiranje zahtjeva neku beskorisnu veću potrošnju energije za sgušćivanje. Ujedno zahtjeva, kako je poznato, svaki uređaj za rastavljanje plinovitih mješavina neki dodatak na hladnoću u obliku tekućeg plina. Ovdje se sada upotrebi višak na radu oko sgušćivanja na totalno sgušćenje preko potrebe za djelomično prevađanje u tekuće stanje u tu svrhu, da se tekućina za ispiranje naknadno ohladi prije njezinog ekspandisanja tako, da nastane na taj način neki stalni višak tekućine za nadoknađenje gubitka hladnoće i da se izbjegne ujedno gubitak na snazi oko sgušćivanja pomoću ponovno uparene tekućine za ispiranje, za vrijeme ekspanzije. Ali upotreba zamjeničnog postupka sa prestavljanjem u nabiračima hladnoće vezana je na sgušćenje plinovitih mješavina pod niskim tlakom i na naknadno hlađenje tekućine za ispiranje.

Bez potonjeg ne bi se mogao izbjeći gubitak hladnoće u nabiračima, jer ima od rastavnog produkta odpušćeni dio lakog vrenja vazda za 10–20° nižu temperaturu od sgušćene plinovite mješavine, koja se upusti kroz nabirače hladnoće. Za uređajem sa totalnim prevađanjem u tekuće stanje i nepreslano djelujućim cijevima zamjenjačima hladnoće, koje mu drago građevne vrste, bilo je već predloženo naknadno hlađenje tekućine za ispiranje, ali nema za njih nikakve svrhe, jer kod totalnog prevođenja u tekuće stanje postoji i onako neki višak na tekućini za ispiranje a iz niže temperature odpuštenog dijela lakog vrenja ne proizlazi nikakva šteta, jer taj u obliku niže temperature postojeći višak hladnoće produkta lakog vrenja izazove u tim zamjenjačima neko djelimično prethodno prevađanje upuštene plinovite mješavine u tekuće stanje. To se događa za pravo i u nabiračima hladnoće, samo u njima ne dođe do oticanja tekućine, jer se ista otaloži kao rosa na plošinama uloška donjeg nabirača, ako se upusti zgušćena plinovita mješavina u nabirače, koji su prethodno podhlađeni pomoću za 10–20° hladnijeg rastavnog dijela lakog vrenja. Ali ta se rosa upari odmah ako naknadnim prestavljanjem u dotičnom nabiraču opet ne-

stane tlaka i taj dio hladnoće odlazi gore napolje.

Kod rastavljanja zraka događa se slijeđenje:

Na 4 at. nadtlaka sgušćen zrak pređe u tekuće stanje već kod temperature od -178° , a odlazeći dušik posjeduje temperaturu od -196° , on je dakle hladniji za 18° , uslijed čega se ohladi dotični nabirač hladnoće, kroz koji se upravo odvaja dušik, znatno niže. Ako se sada opet uvede stisnuti zrak od 4 at. nadtlaka u taj nabirač, preći će jedan malen dio u tekuće stanje u doticaju sa podhlađenim ploština ma donjeg uložka nabirača, pa će ostati na njima u obliku rose. Ako se sada postavi taj nabirač na ispušni dušik, upariti će se ta rosa odmah pod puno, jer može postojati bez tlaka tek kod 193° pa uslijed toga izgubi taj vrlo znatan dio hladnoće, te se time povisi hladna zona uložka nabirača i odpusti gore višak hladnoće rastavine lakog vrenja nakon nekog vremena. Da bi se to spriječilo, ugrije se najprije rastavina lakog vrenja zamjenom hladnoće sa toplijom tekućinom za ispiranje približno do temperature za prelaz sgušćene plinovite mješavine u tekuće stanje.

Ako bi se ispušio jedan od ta četiri dijela, iz kojih se sastoji sveukupni postupak, ne bi preostali mogli za se postojati bez štete za ekonomsku korist ili jednostavnost postupka i uređaja.

Po ovom postupku može se bez daljeg pripravnog rada rastaviti zrak u svoje glavne sastavne dijelove, pa se sastoji cijeli uređaj za tu svrhu samo još iz jedne naprave niskog tlaka za sgušćivanje (za velike uređaje u obliku turbo-kompresora), iz jednog ekspanzionog stroja na stap ili turbine i iz dva para nabirača hladnoće sa lučiocem za prethodno rastavljanje i naknadnu rektifikaciju.

Kod proizvodnje čistog merkantilnog kisika potreban je samo jedan par nabirača hladnoće a umjesto drugog jedan cijevni zamjenjač sa protustrujanjem.

Do sada je bio uvijek još potreban neki minimalni nadtlak od 15 at. za rad takovih uređaja u svrhu, da bi se kraj rastavljanja mogla još odmiriti naknada neizbežnog gubitka na hladnoći ili je bilo potrebno, da se jedan dio plinovite mješavine, koja se rastavlja sgusti na 50—60 at. Ali ovakav tlak nije za postupak sa zamjeničnim prestavljanjem u nabiračima hladnoće ekonomičan.

Nadalje je bilo pri tome još potrebno neko osobito pripravno prerađivanje zraka, koji se rastavlja, u svrhu, da se izbjegne stvaranje mraza pomoću hemikalija i skropljenja lugom ili hlađenja i nabava skupih napra-

va za višestruko zgušćivanje. Turbopogon poradi visokog tlaka do sada također nije bio upotrebljiv, ako se nije postavila neka posebna naprava za proizvodnju tekućeg dodatnog zraka, pa je isto tako izključena upotreba zamjeničkog postupka sa prestavljanjem u nabiračima hladnoće u svrhu zamjene hladnoće, ako premašuje znatno nadtlak od 4 at., jer bi bio u tom slučaju gubitak na stisnutom zraku odviše velik.

Pri tome ipak do sada usprkos upotrebljene nespretnne priprave zraka sa kemikalijama, škropljenja sa lugom i hlađenja, nije bilo moguće, da se je mogao u takvim napravama vršiti rad bez prekidanja uslijed zaleđenja, pa je pribor za tu svrhu zajedno sa skupim napravama za zgušćivanje poskupio takove uređaje u toliko, da je sveopća upotreba izlučenja dušika iz zraka na taj način za rad u talionama željeza i za kemičku industriju, nastradala već na visokim nabavnim troškovima, pa ako se i ne uzme u obzir velika potrošnja snage, različitost sastavnih djelova, potrošnja kemikalija i prekidanje rada uslijed zaleđivanja.

Potonje upliva također vrlo nezgodno na nabavne troškove već u tom pogledu, jer je potrebno, da se nabavi još jedan rezervni aparat.

U priloženom nacrtu list 1 prikazan je šematično jedan izvedbeni primjer uređaja za izvedbu postupka.

On se sastoji iz kompresnog nabirača hladnoće A' A'' i B' B'' za stisnuti zrak, iz kondenzatora za uparenje b, iz donjeg rektifikatora c', (za nadtlak), iz gornjeg naknadnog rektifikatora c'' iz naknadnog hladioca d za tekućinu za ispiranje i iz ekspanzionog stroja h.

Od zraka, koji se rastavlja, uvedu se $\frac{3}{4}$ do $\frac{4}{5}$ sa nadtlakom od 3—4 at. kroz prekretni ventil k' u kompresni nabirač hladnoće A'. Taj zrak ohladi se ovde do -175° te se zatim rastavi u donjem rektifikatoru c' u plinoviti dušik i u 40% — ni tekući kisik a polovica do $\frac{3}{4}$ dušika prevede se zatim u tekuće stanje na kondenzatornoj strani uparivača kisika b, na što se izlije tekući dušik pomoću voda 1 na glavu, a tekući kisik pomoću voda 2 na sredinu gornjeg rektifikatora u svrhu, da bi služili kao tekućina za ispiranje kisikovih para što izlaze iz isparivača b.

Jedna četvrtina do polovica plinovitog dušika sa -175° dovoda se vodom 4 ekspanzionom stroju h, u ovom se ekspanduje na nadtlak od 0.1 at- i pri tome ohladi na -196° , pri čemu pređe već donekle u tekuće stanje tako, da nastane prezasićena para sadržavajuća oko 5% tekućine u obliku magle, koja se zatim vodi kod c vodom 3 kroz naknadni hladilac d. Učinak

hladnoće, koji se može postići iznaša teorijski 8 cal., a praktično samo 5 cal. za kg zraka. —

Ispustni dušik vodi se zajedno sa izlučenim dušikom kroz naknadni hladilac d za tekućinu za ispiranje, ostavi ovdje svoju osjetljivu hladnoću od -196° do -180° , te ohladi njom pod nadtlakom od 3 at. nastalu tekućinu za ispiranje od -178° na -190° u svrhu, da bi se umanjilo njezino djelimično uparenje za vrijeme ekspanzije, iz čega nastane neki dobitak na tekućini, koji služi za naknadu gubitka hladnoće.

Iz naknadnog hladilca ispusti se zatim dušik kroz nabirač hladnoće A' gore kod m" napolje, nakon što je ostavio u potonjem svoju hladnoću. U razmaku od nekoliko minuta prestavi se od vremena do vremena i ispusti stisnuti zrak kroz nabirač hladnoće A' kod m'. Pri tome preuzme stisnuti zrak vazda od prethodno hladnim dušikom ohlađenog nabirača hladnoće hladnoću, koju je dušik prethodno odao metalnoj masi nabirača.

Kisik napram tome ispušta se zamjenice kroz oba nabirača hladnoće B' B" kod n' i kod n", kroz koje se uvađa zamjenice $\frac{1}{5}$ do $\frac{1}{4}$ količine zraka za rastavljanje kod t' i t" u svrhu da bi preuzeo osjetljivu hladnoću kisika.

Da bi se n. pr. dobilo 250. m³ kisika od 75% čistoće treba da se zgusti 1000 m³ zraka na nadtlak od 3 at., da se provede kroz nabirače hladnoće i prethodno rastavi u donjem (nadtlaku) rektifikatoru c' na 40° ni kisik i čisti dušik. Iz rektifikatora c' dovadaju se 360 m³ ekspanzionom stroju, u potonjem se ekspandiraju na nadtlak od 0.2 at. i šalju zajedno sa izlučenim dušikom iz gornjeg (naknadnog) rektifikatora c" u obliku ispuha kroz naknadni hladilac d. Radom ekspanzionog stroja praktično iz ovih 300 m³ zraka = 360 kg postignut efekat hladnoće iznaša $360 \times 5 = 1800$ Cal.

Ekspanzioni stroj dobavlja taj efekat hladnoće, ali ne u obliku tekućeg zraka, već kao osjetljivu hladnoću ispuha.

Zadatak se sastoji sad u tome, da se prevede osjetljiva hladnoće ispuha u tekući zrak time, da se tekući zrak za ispiranje naknadno hladi sa hladnoćom izpuha zajedno sa izlučenim dušikom naknadnog rastavljenja, dočim se radni zrak ekspanzionog stroja rastavi u prethodnom rastavljanju pomoću nadtlaka u svoje glavne sastavne dijelove.

To rastavljanje radnog zraka ekspanzionog stroja može se vršiti također naknadno kao izpuh. U tom slučaju neizuzima se radni zrak ekspanzionog stroja gore u obliku dušika prethodnog rastavljanja pod nadtlakom,

već dolje kao zrak, a ispuh se vodi najprije kroz gornji naknadni rektifikator, tamo se rastavi i zatim tek vodi zajedno sa izlučenim sveukupnim dušikom kroz naknadni hladilac u svrhu naknadnog hlađenja zraka za ispiranje.

Ta varijanta postupka sa naknadnim rastavljanjem ispuha prikazana je na listu 2. Izuzimanje radnog zraka za ekspanzioni stroj vrši se ovdje ko X a ispuh se vodi kod z vodom 5 u gornji rektifikator za naknadno rastavljanje.

Napram prethodnom rastavljanju pod visokim tlakom, postoji ovdje ta mana, da se povećava proda u gornjem (naknadnom) rektifikatoru za količinu ispuha i da se uslijed udaraca ispuhnog rada rektifikacija nešto sprečava. Nadalje nastane uslijed otpora u rektifikatoru veći protutlak ispuha. Konačno je dušik iz prethodnog rastava prikladniji kao pogonski plin ekspanzionog stroja, jer se može ohladiti do -196° , napram tome zrak samo do -191° .

To se ovdje osjeća osobito nezgodno, jer tekućina za ispiranje, koja treba da se naknadno hladi, ima već temperaturu od -180° , tako, da preostane na raspoloženju samo razlika u temperaturi od 11° napram 16° kod rada sa dušikom. Ali pošto se mora vazda računati još nekom prenosnom diferencom od 5° , preostanu samo $11 - 5^{\circ} = 6^{\circ}$ napram $16 - 5^{\circ} = 11^{\circ}$, dakle malo preko polovice, kao upotrebljiv efekat za pogon zrakom.

Pošto proti tim manama nestoje nikakove koristi, biti će uopće korisnije, da se služimo prethodnim rastavljanjem pogonskog zraka za ekspanzioni stroj, tim više, što kod rada sa nerastavljenim zrakom nastupi u području zasićenja neki djelomični prethodni prelaz kisika u tekuće stanje u stroju, što efekat hlađenja ekspanzionog stroja vrlo prekraćuje.

Sprejačavanje stvaranja mraza sublimacijom moguće je samo kod zamjeničnog postupka sa preslavljanjem u nabiračima hladnoće, ali nije moguće kod radaneprekidnom zamjenom hladnoće, jer potonji ima za preduvjet, da se vode rastavni produkti kroz isti prostor napolje, kroz koji ulaze. Ali kod neprekidne zamjene hladnoće taj slučaj ne postoji, jer su tu upustni prostori međusobno lučeni stijenom prenosne ploštine.

Drugi preduvjet sastoji se u tome, da se upušteni zrak zgusti na nadtlak od nekoliko at., rastavni produkti odvađaju se napram tome bez tlaka u svrhu, da bi bio otpušteni volumen znatnije veći od upušćenoga, jer je preuzimanje vlage neka funkcija volumena, a ne težina plinova.

Bez tlaka otpušteni rastavni produkti u

stanju su dakle, da primaju opet tako kod zamjeničkog rada sa pretstavljanjem iz nabirača hladnoće vlagu, koja se je prikupila prilikom upuštanja zgušćenog zraka na plohamu u obliku mraza, za vrijeme jedne kratke prestavne periode od nekoliko minuta.

Patentni zahtjevi:

1. Postupak za rastavljanje plinovitih mješavina, naznačen time, što plinovita mješavina, koja se rastavlja, izlučuje pod totalnim zgušćenjem na kondenzatorni tlak u nabiračima hladnoće za vrijeme ohlađenja svoju sadržinu na pari i ugljičnoj kiselini, da nakon toga pređe samo djelomično u tekuće stanje a da se napram tome drugi dio ekspandira u jednom ekspansionom stroju, nešto preuzmu rastavni produkti prilikom odpuštanja u ekspandisanom stanju opet vlagu i ugljičnu kiselinu, koja je bila izlučena od zgušćene plinovite mješavine u nabiračima hladnoće.

2. Postupak po zahtevu 1, naznačen time, što se tekućine za ispiranje u svrhu sprečenja ponovnog uparenja viška tekućine za vrijeme ekspansije naknadno hlade ispuhom ekspansionog stroja.

3. Postupak za rastavljanje plinovitih mješavina upotrebom regenerativnih nabirača hladnoće sa prestavnim zamjeničnim radom naznačen time, što se u svrhu izbeguća gubitka na hladnoći, rastavni dio produkta lakog vrenja nešto ugrije zamjenom hladnoće sa toplijom tekućinom za ispiranje,

prije nego se otpusti kroz nabirače hladnoće napolje.

4. Postupak po zahtjevima 1—3, naznačen time, što se umjesto plinovite mješavine nakon izvršenog prethodnog rastavljanja rastavni produkt lakog vrenja sa nadtlakom prethodnog rastavljanja ekspanduje u ekspansionom stroju a zatim zajedno sa produktom lakog vrenja, iz naknadnog rastavljanja, vodi kroz naknadni hladilac tekućina za ispiranje u svrhu dobijanja viška na tekućini za pokriće gubitka na hladnoći.

5. Postupak po zahtjevima 1—4, naznačen time, što se vrši naknadno hlađenje tekućina za ispiranje dijelomično ispuhom ekspansionog stroja, dijelomično pomoću dijela lakog vrenja rastavnih produkata.

6. Uređaj za izvedbu postupka po zahtjevima 1—5, naznačen time, što ima spoj od po više regeneratora sa prestavnim zamjeničnim radom sa jednim naknadnim hladilcem za tekućinu za ispiranje, kojem odavaju ispuh ekspansionog stroja i dio lakog vrenja rastavnih produkata, jedan dio njihove zalihe na hladnoći, prije nego se ispuštaju kroz regeneratore napolje.

7. Uređaj za izvedbu postupka po zahtjevima 1—5, naznačen time, što ima spoj jednog naknadnog hladioca tekućine za ispiranje sa jednim ekspansionim strojem, u kojem se ekspandira nadtlakom u obliku plina izlučeni dio lakog vrenja plinovite mješavine.

FIG. 1.

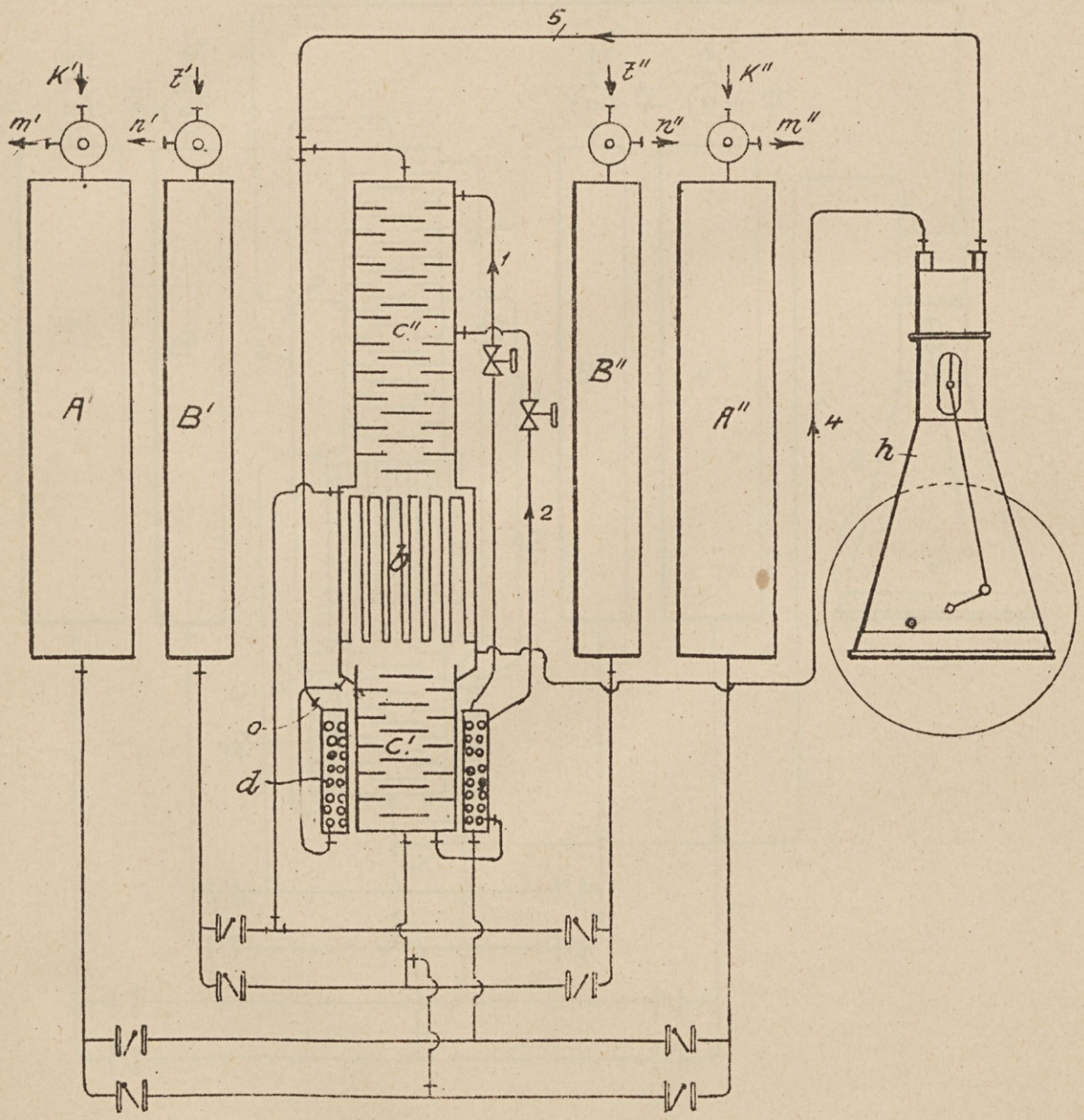


FIG. 2.

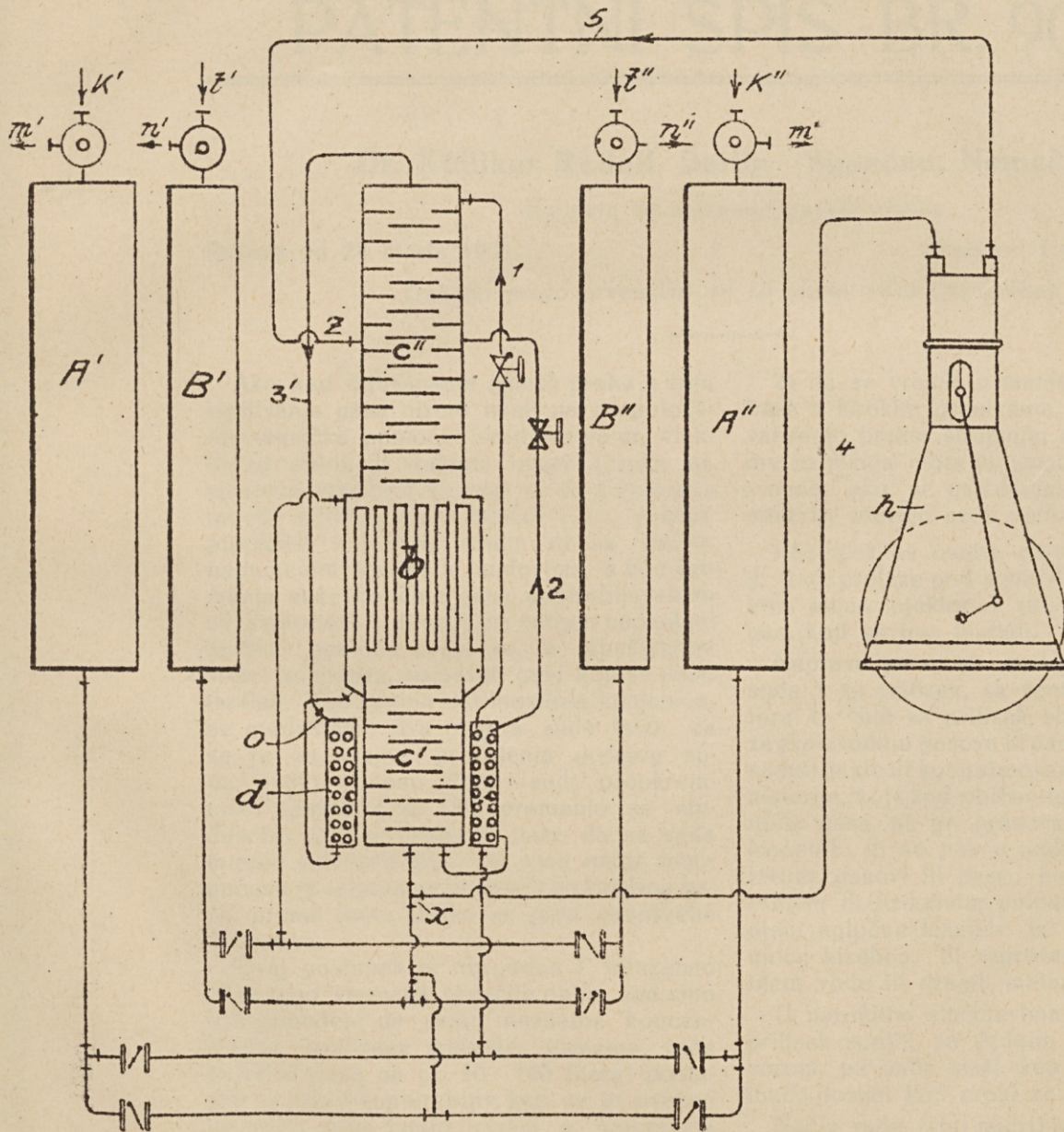


Fig. 5.

